

## Control of internal combustion engine

**Patent number:** DE19756919  
**Publication date:** 1998-10-08  
**Inventor:** WILD ERNST (DE); REUSCHENBACH LUTZ (DE); BENNINGER NIKOLAUS DR (DE); KOERNER HENDRIK (DE); HESS WERNER (DE); ZHANG HONG DR (DE); MALLEBREIN GEORG (DE); HOFMANN HARALD VON DR (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F02D11/10; F02D21/08; F02D41/00; F02D41/14; F02D41/18; G01M15/04; F02D11/10; F02D21/00; F02D41/00; F02D41/14; F02D41/18; G01M15/04; (IPC1-7): F02D41/18; F02M25/06; F02M25/08  
- **european:** F02D11/10B; F02D21/08B; F02D41/00D4; F02D41/00F6; F02D41/14B; F02D41/18A; F02D41/18D; G01M15/04D10  
**Application number:** DE19971056919 19971219  
**Priority number(s):** DE19971056919 19971219; DE19971013379 19970401; DE19971040919 19970917

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19756919

The control system regulates the performance of an internal combustion engine. The partial pressure of the fresh air portion at the gas mass flow (mpab) is registered by setting a mass balance for a fresh gas mass flow, in order to determine the amount of gas filling for an internal combustion engine, fitted with an intake pipe. The partial pressure of the exhaust gas portion at the gas mass flow is determined by setting a mass balance for an exhaust gas mass flow. There may be an assembly with a receiver to take measured values and an electronic computer unit with a control program with the required parameters.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑩ DE 197 56 919 A 1

⑮ Int. Cl. 6:

F 02 D 41/18

F 02 M 25/06

F 02 M 25/08

⑯ Aktenzeichen: 197 56 919.6  
⑯ Anmeldetag: 19. 12. 97  
⑯ Offenlegungstag: 8. 10. 98

DE 197 56 919 A 1

⑯ Innere Priorität:

197 13 379. 7 01. 04. 97  
197 40 919. 9 17. 09. 97

⑯ Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:

Wild, Ernst, 71739 Oberriexingen, DE;  
Reuschenbach, Lutz, 70469 Stuttgart, DE;  
Benninger, Nikolaus, Dr., 71665 Vaihingen, DE;  
Koerner, Hendrik, 53340 Meckenheim, DE; Hess,  
Werner, 70499 Stuttgart, DE; Zhang, Hong, Dr.,  
93057 Regensburg, DE; Mallebrein, Georg, 78224  
Singen, DE; Hofmann, Harald von, Dr., 38165 Lehre,  
DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

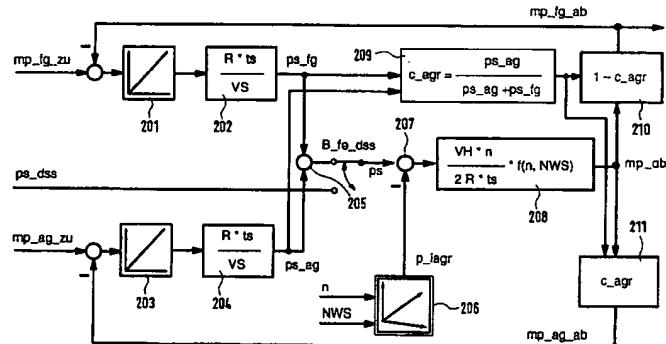
⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors

⑯ Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung in einem Verbrennungsmotor.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, in einem Verbrennungsmotor die Gasfüllung exakt und zuverlässig zu bestimmen sowie insbesondere den Frischgasanteil an der Gasfüllung zu bestimmen.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, wobei der Partialdruck des Frischgasanteils ( $ps_{fg}$ ) an dem Gasmassenstrom ( $mp_{ab}$ ) und der Partialdruck des Abgasanteils ( $ps_{ag}$ ) an dem Gasmassenstrom ( $mp_{ab}$ ) durch Aufstellen einer Massenbilanz für die jeweiligen Massenströme ermittelt wird, und anschließend das aus dem Saugrohr abströmende Frischgas ( $mp_{fg\_ab}$ ) an dem Gesamtmassestrom ( $mp_{ab}$ ) unter Verwendung der Partialdrücke ( $ps_{fg}$ ,  $ps_{ag}$ ) berechnet wird.

Die Erfindung ist anwendbar insbesondere auf dem Gebiet der Kraftfahrzeugtechnik.



DE 197 56 919 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors. Die Erfindung ist einsetzbar insbesondere auf dem Gebiet der Fahrzeugtechnik, beispielsweise bei einem Verbrennungsmotor in einem Personenkraftwagen.

Übliche Verbrennungsmotoren weisen ein Saugrohr auf, in welchem sich ein Gasgemisch bestehend aus einem Frischgas und einem Abgas befindet. Während des Betriebs des Verbrennungsmotors wird dieses Gasgemisch in die Zylinder 10 volumen des Verbrennungsmotors eingesaugt und anschließend verdichtet und verbrannt. Das Volumen des in den Zylindern einströmenden Gases, insbesondere der Frischgasanteil dieses Volumens, muß bestimmt werden, um dementsprechend die Menge des für die Verbrennung zur Verfügung zu stellenden Kraftstoffs zu bemessen.

Die DE 32 38 190 C2 beschreibt ein elektronisches System zum Steuern bzw. Regeln von Betriebskenngrößen einer Brennkraftmaschine. Dabei wird auf der Basis von Drehzahl und Luftdurchsatz im Ansaugrohr der Druck im Ansaugrohr bestimmt bzw. auf der Basis der Drehzahl und dem Druck wird der Luftdurchsatz bestimmt.

In der Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 197 13 379.7 wird eine Einrichtung zum Bestimmen der in die Zylinder einer Brennkraftmaschine mit Lader gelangenden Luft beschrieben. Dieses System berücksichtigt auch die aufgrund der Ladungsvorgänge zusätzlich auftretenden physikalischen Gegebenheiten. Insbesondere werden die im Saugrohr einer Brennkraftmaschine mit Lader ablaufenden physikalischen Vorgänge durch Einbeziehung physikalischer und 20 strömungstechnischer Zusammenhänge gut erfaßt.

Die bekannten Verfahren und Vorrichtungen behandeln das im Saugrohr sich befindliche Gasgemisch einheitlich hinsichtlich der Ermittlung der Gasfüllung des Verbrennungsmotors. Insbesondere wird bei dem Gasgemisch nicht zwischen einem Frischgas-Anteil und einem Abgas-Anteil unterschieden. Hierdurch sind die ermittelten Gasfüllmengen fehlerbehaftet. Der nichtlineare Zusammenhang zwischen den Meßgrößen und der Zielgröße Füllung pro Hub sowie der 25 Einfluß der Abgasrückführung werden auf empirische Weise direkt korrigiert. Eine solche Korrektur ist nur stationär genau. Darüber hinaus wird der variable Zusammenhang zwischen der Gasfüllung und dem Saugrohrdruck nicht berücksichtigt, wie er z. B. bei einer aktiven Tankentlüftung oder einer Nockenverstellung auftritt.

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors bereitzustellen, welche die vorstehend beschriebenen Nachteile überwindet. Insbesondere soll das Problem gelöst werden, den Frischgas-Anteil an dem gefüllten Gasvolumen zu ermitteln. Darüber hinaus soll die Erfindung eine große Flexibilität hinsichtlich der verwendeten Eingangsgrößen aufweisen. Darüber hinaus soll das erfundungsgemäße Verfahren robust und zuverlässig ablaufen sowie die zugehörige Vorrichtung kostengünstig in der Herstellung, Betrieb und Wartung sein.

Das Problem wird durch die in den unabhängigen Patentansprüchen offenbarten Verfahren und Vorrichtungen gelöst. 35 Besondere Ausführungsarten der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

Eine Zusammenstellung der in der nachfolgenden Beschreibung und in den Patentansprüchen verwendeten Abkürzungen findet sich am Ende der Beschreibung.

Die vorstehend genannten Probleme werden durch ein Verfahren zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, der ein Saugrohr aufweist, gelöst, wobei sich in dem Saugrohr ein Gasgemisch aus einem Frischgas und einem Abgas befindet, wobei aus dem Saugrohr ein Gasmassenstrom  $mp_{ab}$  abströmt und wobei in dem Saugrohr ein Saugrohr-Druck ( $ps$ ) herrscht, gekennzeichnet durch die Schritte: Ermitteln eines Partialdrucks des Frischgas-Anteils  $ps_{fg}$  an dem Gasmassenstrom  $mp_{ab}$  durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Frischgas-Massenstrom  $mp_{fg}$ , und Ermitteln eines Partialdrucks des Abgas-Anteils  $ps_{ag}$  an dem Gasmassenstrom  $mp_{ab}$  durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Abgas-Massenstrom  $mp_{ag}$ . Unter dem Aufstellen der Massenbilanz ist hierbei insbesondere die 45 zeitliche Ableitung der allgemeinen Gasgleichung

$$m \times R \times T = p \times V$$

zu verstehen. Damit ergibt sich für die Massenbilanz für den Frischgas-Anteil:

$$50 \quad mp_{fg} = mp_{fg\_zu} - mp_{fg\_ab} = \frac{d}{dt} (m_{fg}) \\ = \frac{d}{dt} (ps_{fg} \times VS \times \frac{1}{R \times TS})$$

Entsprechend gilt für die Massenbilanz für den Abgas-Anteil:

$$60 \quad mp_{ag} = mp_{ag\_zu} - mp_{ag\_ab} = \frac{d}{dt} (m_{ag}) \\ = \frac{d}{dt} (ps_{ag} \times VS \times \frac{1}{R \times TS})$$

65 Diese getrennte Bilanzierung von Frischgas und Abgas bietet den Vorteil, daß das gefüllte Frischgasvolumen exakt berechnet werden kann. Dadurch ist vorteilhaft eine exakte und zuverlässige Bestimmung der zuzuführenden Kraftstoffmenge möglich. Dies erlaubt einen umweltschonenden und energiesparenden Betrieb des Verbrennungsmotors. Dadurch

werden die Betriebskosten des Verbrennungsmotors reduziert und die Lebenserwartung des Verbrennungsmotors erhöht. Weiterhin ist vorteilhaft, daß auch bei verschiedenen Konfigurationen des Verbrennungsmotors, beispielsweise mit oder ohne Abgasrückführung, mit oder ohne Aufladung, usw., eine genaue Bestimmung der zuzuführenden Brennstoffmenge ermöglicht wird.

In einer besonderen Ausführungsart der Erfindung berechne das Verfahren den Saugrohr-Druck  $ps$  aus der Summe des Partialdrucks des Frischgas-Anteils  $ps_{fg}$  und des Partialdrucks des Abgas-Anteils  $ps_{ag}$ . Diese Berechnung erfolgt durch die Addition:

$$ps = ps_{fg} + ps_{ag}.$$

Diese Berechnung des Saugrohrdrucks  $ps$  bietet den Vorteil, daß ein eventuell zusätzlich gemessener Wert für den Saugrohrdruck anhand des berechneten Wertes überprüft werden kann. Weiterhin ist von Vorteil, daß der Saugrohrdruck auf diese Weise ohne den zusätzlichen Aufwand eines Druck-Meßwertaufnehmers bestimmt werden kann. Weiterhin ist von Vorteil, daß der Saugrohrdruck auf diese Weise auch bei einem Ausfall eines vorhandenen Druck-Meßwertaufnehmers bestimmt werden kann.

Eine besondere Ausführungsart der Erfindung ermittelt den Saugrohr-Druck  $ps$  unter Verwendung eines entsprechenden Meßwertaufnehmers. Als Meßwertaufnehmer kommen dabei beliebige, handelsübliche Druck-Meßwertaufnehmer in Frage, insbesondere Dehnungsmessstreifen, Membran-Drucksensoren oder resonante Drucksensoren. Der Druck kann direkt oder indirekt über ein Zwischenmedium bestimmt werden. Das vom Druck-Meßwertaufnehmer gelieferte Signal kann durch entsprechende Beschaltung noch aufbereitet werden, beispielsweise kann eine Temperaturkompensation oder ein Offset-Abgleich vorgesehen sein. Die Ermittlung des Saugrohr-Drucks  $ps$  unter Verwendung eines Meßwertaufnehmers bietet den Vorteil, daß der Saugrohr-Druck  $ps$  damit sehr genau bestimmt werden kann. Weiterhin ist von Vorteil, daß der mittels der Partialdrücke berechnete Saugrohr-Druck mittels des gemessenen Saugrohr-Drucks überprüft und ggf. korrigiert und die Berechnung kalibriert werden kann.

Eine besondere Ausführungsart der Erfindung ermittelt aus dem Saugrohr-Druck den Gasmassenstrom  $mp_{ab}$ . Diese Ermittlung erfolgt unter Berücksichtigung der Drehzahl  $n$  des Verbrennungsmotors sowie einer ggf. vorhandenen Nockenwellenverstellung NWS des Verbrennungsmotors, woraus ein Korrekturwert  $p_{iagr}$  der internen Abgasrückführung berücksichtigt wird. Insbesondere ist es damit möglich, den aus dem Saugrohr abströmenden Gasmassenstrom  $mp_{ab}$  gemäß der Gleichung

$$mp_{ab} = (ps - p_{iagr}) \times K$$

zu bestimmen.

Bei dem Wert  $K$  handelt es sich dabei um eine Berechnungskonstante, in welche die Pumpengleichung eingeht und ggf. Pulsationseffekte eingehen, die empirisch ermittelt wurden. Diese Berechnung des Gasmassenstroms  $mp_{ab}$  hat den Vorteil, daß sie auch ohne die Bereitstellung eines gemessenen Saugrohrdruckes möglich ist, allein auf der Grundlage der berechneten Partialdrücke. Dies ermöglicht eine kostengünstige und zuverlässige Realisierung des erfundungsgemäßen Verfahrens.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung wird der aus dem Saugrohr abströmende Frischgas-Anteil  $mp_{fg\_ab}$  an dem Gasmassenstrom  $mp_{ab}$  unter Verwendung des Partialdrucks des Frischgas-Anteils  $ps_{fg}$ , des Partialdrucks des Abgas-Anteils  $ps_{ag}$  und des Gasmassenstroms  $mp_{ab}$  berechnet. Hierzu wird zunächst ein Anteilsfaktor  $c_{agr}$  eingeführt, der sich wie folgt berechnet:

$$c_{agr} = \frac{ps_{ag}}{ps_{ag} + ps_{fg}}$$

Zur Bestimmung des Frischgas-Anteils an diesem Massenstrom wird davon ausgegangen, daß die Aufteilung der Massenströme in den Zylinder (Frischgas und Abgas) analog zur Aufteilung der Partialdrücke erfolgt. Demnach berechnet sich der aus dem Saugrohr abströmende Frischgas-Massenstrom  $mp_{fg\_ab}$  zu:

$$mp_{fg\_ab} = (1 - c_{agr}) \times mp_{ab}.$$

Entsprechend gilt für den aus dem Saugrohr abströmenden Abgas-Massenstrom  $mp_{ag\_ab}$ :

$$mp_{ag\_ab} = (1 - c_{agr}) \times mp_{ab}.$$

Es ist vorteilhaft, daß durch diese einfache und zuverlässige Berechnung sowohl der Frischgas-Anteil als auch der Abgas-Anteil an dem aus dem Saugrohr abströmenden Gasmassenstrom bestimmt werden kann. Durch die getrennte Erfassung von Frischgas- und Abgas-Anteil ist es möglich, den Verbrennungsmotor umweltschonend und energiesparend jeweils in seinem optimalen Arbeitspunkt zu betreiben.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung wird die relative Frischgas-Füllung  $r1$  des Verbrennungsmotors unter Verwendung des Frischgasanteils  $mp_{fg\_ab}$  sowie permanenter MLTHZ und transienter nmot, ZYLZA Motordaten berechnet. Die Berechnung der relativen Frischgas-Füllung  $r1$  hat den Vorteil, daß die Kraftstoff-Zuführung immer aufgrund aktueller Motordaten erfolgen kann, beispielsweise aufgrund der momentan in Betrieb befindlichen Anzahl der aktiven Zylinder des Motors. Dadurch wird die Kraftstoff-Einsparwirkung und die Umweltverträglichkeit während des Betriebs des Verbrennungsmotors weiter erhöht sowie dessen Lebenserwartung und Leistungsvermögen weiter verbessert.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung wird eine aus der Bernoulli-Gleichung abgeleitete Funktion für die Berechnung eines Gasmassenstroms über eine Drossel angewandt, wobei der Druck nach der Drossel jeweils dem Saugrohr-Druck  $p_s$  entspricht. Dies hat den Vorteil, daß wahlweise einige der prinzipiell geeigneten Meßgrößen verwendet werden können und die jeweils nicht verfügbaren Größen mittels dieser abgeleiteten Funktion berechnet werden können. Dies erlaubt eine große Flexibilität des erfundungsgemäßen Verfahrens sowohl bei der vorrichtungstechnischen Realisierung dieses Verfahrens als auch während des Betriebs eines solchen Verfahrens. Darüber hinaus wird durch diese Flexibilität der Konfiguration auch die Betriebssicherheit des erfundungsgemäßen Verfahrens erhöht.

Bei einer besonderen Ausführungsart der Erfindung werden auch Gasflüsse über einen Leerlaufsteller  $mp\_lls$ , Gasflüsse über ein Tankentlüftungsventil  $mp\_tev$ , Gasflüsse über ein Abgasrückführventil  $mp\_agr$  und bei einem aufgeladenen Verbrennungsmotor auch der Ladedruck  $pld$  bei der Bestimmung der Gasfüllung des Verbrennungsmotors berücksichtigt. Dies hat den Vorteil, daß die Genauigkeit der ermittelten Frischgasfüllung des Verbrennungsmotors weiter erhöht wird und somit die vorstehend genannten Vorteile verstärkt auftreten.

Die Lehre der vorliegenden Erfindung umfaßt auch eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, der ein Saugrohr aufweist, wobei die Vorrichtung Meßwertaufnehmer und elektronische Rechenmittel aufweist, die durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Frischgas-Massenstrom  $mp\_fg$  einen Partialdruck eines Frischgas-Anteils  $ps\_fg$  im Saugrohr berechnet, die durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Abgas-Massenstrom  $mp\_ab$  einen Partialdruck eines Abgas-Anteils  $ps\_ab$  im Saugrohr berechnet, und die unter Verwendung des Partialdrucks des Frischgas-Anteils  $ps\_fg$  und des Partialdrucks des Abgas-Anteils  $ps\_ab$  eine Frischgas-Füllung  $r1$  des Verbrennungsmotors ermittelt. Die Erfindung umfaßt insbesondere eine Vorrichtung, die ein Verfahren wie vorstehend beschrieben ausführt. Diese erfundungsgemäße Vorrichtung bietet alle Vorteile, die vorstehend bereits für das erfundungsgemäße Verfahren benannt wurden. Insbesondere bietet die Vorrichtung den Vorteil eines geringen Kraftstoffverbrauchs, eines umweltverträglichen Betriebes des Verbrennungsmotors sowie einer hohen Leistungsfähigkeit und einer langen Lebensdauer der Vorrichtung und des Verbrennungsmotors.

Die Lehre der Erfindung umfaßt auch ein Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung wie vorstehend beschrieben bzw. ein Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung, die ein Verfahren wie vorstehend beschrieben ausführen kann. Die vorstehend für die erfundungsgemäße Vorrichtung benannten Vorteile gelten für das Kraftfahrzeug entsprechend.

Die Lehre der Erfindung umfaßt auch einen Datenträger, der ein Steuerprogramm enthält zum Ausführen des vorstehend beschriebenen Verfahrens sowie einen Datenträger, der Parameter beinhaltet, die zum Ausführen eines solchen Verfahrens bzw. zum Steuern einer vorstehend beschriebenen Vorrichtung erforderlich oder vorteilhaft sind. Ein solcher Datenträger kann insbesondere in Form eines Speichermittels ausgeführt sein, wobei die Speicherung mechanisch, optisch, magnetisch, elektronisch oder auf sonstige Weise erfolgen kann. Insbesondere sind elektronische Speichermittel, wie beispielsweise ein ROM (Read Only Memory, Nur-Lese-Speicher), PROM, EPROM oder EEPROM einsetzbar, die in entsprechende Steuer-Vorrichtungen eingesetzt bzw. eingesteckt werden können.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen mehrere Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfundungswesentlich sein.

Ein Weg zum Ausführen der beanspruchten Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnungen im einzelnen erläutert.

**Fig. 1** zeigt ein Übersichtsbild der Systemanordnung;

**Fig. 2** zeigt das Modell der Füllungserfassung;

**Fig. 3** zeigt die Frischgas-Massenströme ins Saugrohr bei einem Saugmotor;

**Fig. 4** zeigt die Frischgas-Massenströme im Saugrohr bei einem Turbomotor;

**Fig. 5** zeigt den Abgasmassenstrom ins Saugrohr;

**Fig. 6** zeigt die Berechnung der relativen Füllung.

Die **Fig. 1** zeigt ein Übersichtsbild der Systemanordnung. Die Umgebungsluft tritt auf der Eingangsseite unter dem Druck  $pu$  und der Temperatur  $tu$  in das Saugrohr **100** ein. Ein Heißfilm-Luftmassensensor **101** bestimmt den Gasmassenstrom  $mp\_hfm$  an dieser Stelle des Saugrohrs. Nach dem Heißfilm-Luftmassensensor (HFM) folgt ein Turbolader **102**. Zwischen dem Turbolader **102** und der Drosselklappe **103** weist das Saugrohr **100** ein Volumen  $VLD$  auf. In diesem Volumen herrscht ein Druck  $pld$  sowie eine Temperatur  $tld$ . Zwischen der Drosselklappe **103** und dem Einlaßventil **104** beträgt das Volumen des Saugrohrs  $VS$ . An dieser Stelle herrscht ein Druck  $p_s$  sowie eine Temperatur  $ts$ . Die in dem Bereich des Saugrohrs zwischen der Drosselklappe **103** und dem Einlaßventil **104** einströmende Gasmenge setzt sich zusammen aus dem Gasstrom  $mp\_dk$  des Gasflusses über die Drosselklappe **103**, einem Gasstrom  $mp\_lls$  eines Leerlaufstellers **105**, dem Gasfluß  $mp\_tev$  eines Tankentlüftungsventils **106** sowie dem Gasstrom  $mp\_agr$  eines Abgasrückführungsventils **107**. Aus diesem Bereich des Saugrohrs strömt das Gas bei Öffnung des Einlaßventils **104** in den Verbrennungsraum **108** des Zylinders **111**. Auf der Auslaßseite befindet sich zwischen einem Auslaßventil **109** und einem Abgaskatalysator **110** ein Bereich, in dem das Abgasrückführventil **107** angeschlossen ist und in dem ein Druck  $pag$  herrscht. Nach dem Katalysator **110** herrscht wiederum der Umgebungsdruck  $pu$ . Das Tankentlüftungsventil **106** besitzt eine Verbindung zum Kraftstoffbehälter **112**.

Die **Fig. 2** zeigt das Modell der Füllungserfassung. Der zuströmende Frischgas-Massenstrom  $mp\_fg\_zu$  wird über der Zeit integriert **201** und anschließend multipliziert **202** entsprechend der Gasgleichung, so daß der Frischgas-Partialdruck  $ps\_fg$  berechnet wird. Entsprechend wird der zuströmende Abgas-Massenstrom  $mp\_ag\_zu$  integriert **203** und entsprechend der Gasgleichung multipliziert **204**, so daß der Abgas-Partialdruck  $ps\_ab$  berechnet wird. Aus den beiden Partialdrücken für das Frischgas  $ps\_fg$  und das Abgas  $ps\_ag$  wird in der dargestellten Stellung des Schalters  $B\_fe\_dss$  der Druck im Saugrohr  $p_s$  durch Addition **205** berechnet. Parallel dazu wird aus der Drehzahl  $n$  und der Nockenwellenverstellung NWS ein Korrekturwert  $p\_iagr$  berechnet **206**. Dieser Korrekturwert berücksichtigt die systeminhärente Abgasrückführung aufgrund der Ventilstellungen während des Arbeitszyklus des Verbrennungsmotors. Der so ermittelte Korrekturwert  $p\_iagr$  wird von dem Saugrohr-Druck  $p_s$  subtrahiert **207**. Der hieraus resultierende effektive Saugrohrdruck wird anschließend mit einem Faktor multipliziert **208**, wobei sich dieser Faktor aus der Pumpengleichung und einer em-

pirisch gewonnenen Funktion zusammensetzt, welche die Pulsationseffekte in Abhängigkeit der Drehzahl n und der Nockenwellenverstellung MWS zusammensetzt. Die Pumpengleichung berücksichtigt das Hubvolumen VH, die Drehzahl n, die Gaskonstante R und die Temperatur im Saugrohr ts. Als Ergebnis dieser Multiplikation 208 erhält man den Gesamtmassenstrom mp\_ab in dem Zylinder. Parallel dazu wird aus dem Partialdruck des Frischgases ps\_fg und dem Partialdruck des Abgases ps\_ag ein Anteilfaktor c\_agr berechnet 209. Unter Verwendung dieses Anteilsfaktors c\_agr wird aus dem abströmenden Gasmassenstrom mp\_ab der abströmende Frischgas-Massenstrom mp\_fg\_ab berechnet 210 und der abströmende Abgas-Massenstrom mp\_ag\_ab 211 berechnet.

Für den Fall, daß der Saugrohrdruck ps meßtechnisch zur Verfügung steht, kann über die Bedingung B\_fe\_dss und den zugehörigen Schaltern anstelle des aus den Partialdrücken ps\_fg und ps\_ag berechneten Saugrohrdrucks der gemessene Saugrohrdruck ps\_dss verwendet werden. Da in diesem Fall die stationäre Stabilität des Integrators aufgrund der unterbrochenen Rückkopplungen nicht automatisch gewährleistet ist, wird eine Ergänzung notwendig, wobei durch einen Vergleich des gerechneten Saugrohrdrucks mit dem gemessenen Saugrohrdruck eine sich ergebende Differenz als ein Fehler interpretiert wird und dieser über einen Integral-Regler auf den Rückkopplungszweig des abströmenden Frischgas-Massenstroms mp\_fg\_ab eingerechnet wird.

Die Vorgehensweise bei der Berechnung der für die obige Funktion benötigten Eingangsgrößen, nämlich des Frischgas-Massenstroms ins Saugrohr mp\_fg\_zu sowie des Abgasmassenstroms ins Saugrohr mp\_ag\_zu basiert auf der aus der Literatur bekannten Drosselfunktion, die aus der Bernoulli-Gleichung für kompressible Medien abgeleitet ist. Gemäß dieser Drosselfunktion gilt:

$$mp = f(A) \times \frac{TV\_NORM \times pv \times \psi_n (pn/pv)}{tv \times PV\_NORM} \quad 20$$

$$mp = mp_{max} \times ft \times fp \times \psi_n \quad 25$$

Diese Drosselfunktion bedeutet, daß sich der Luftmassenstrom mp über die Drosselstelle berechnet aus einer freien Querschnittsfläche f(A) multipliziert mit einem Faktor ft für die Temperaturkompensation multipliziert mit einem Faktor fp für die Druckkompensation und multipliziert mit einer normierten Durchflußfunktion psi\_n, welche den Einfluß einer über- und unterkritischen Strömungsgeschwindigkeit berücksichtigt. Der Druck pn nach der Drosselstelle ist dabei jeweils gleich dem Saugrohrdruck ps.

Auf der Frischgasseite muß zwischen Saugmotoren und aufgeladenen Motoren, sogenannten Turbomotoren, unterschieden werden. Gemeinsam ist dabei, daß für jedes Drosselorgan über eine Kennlinie ein Gasstrom ermittelt wird, der unter Normbedingungen in Bezug auf Druck und Temperatur vor der Drossel über die betrachtete Drossel fließt.

Die Fig. 3 zeigt die Frischgas-Massenströme ins Saugrohr bei einem Saugmotor. Zunächst besteht die Möglichkeit, wie in der Fig. 3 gemäß der Schalterstellung B\_fe\_wdk auch dargestellt, daß der zuströmende Frischgas-Massenstrom mp\_fg\_zu direkt mittels eines Heißfilm-Luftmassensensors HFM gemessen wird mp\_hfm. Einen Einfluß hat in der dargestellten Schalterstellung dann lediglich noch die Tankentlüftung ta\_te, wobei dieser Einfluß über eine Drosselfunktion 301 in einen Gasmassenfluß mp\_tev\_max umgerechnet wird, und anschließend mit den Gewichtungsfaktoren der Umgebungstemperatur ftu, dem Umgebungsdruck fpu und der normierten Durchflußfunktion psi\_n 304 gewichtet wird. Wird der Schalter B\_fe\_wdk umgelegt, berechnet sich der zuströmende Frischgas-Massenstrom mp\_fg\_zu wie folgt: Die Drosselklappen-Stellung wdk wird über eine Drosselfunktion 302 in einen maximalen Fluß über die Drosselklappe mp\_dk\_max umgerechnet; ebenso wird der Fluß über einen ggf. vorhandenen Leerlaufsteller über eine Drosselfunktion 303 in einen maximalen Gasfluß über den Leerlaufsteller mp\_lls\_max umgerechnet. Die beiden maximalen Gasflüsse werden addiert und anschließend zu dem maximalen Gasfluß über das Tankentlüftungsventil mp\_tev\_max addiert. Anschließend wird der derart aufsummierte Gasmassenstrom mit den Gewichtungsfaktoren der Temperatur ftu, des Drucks fpu und der normierten Durchflußfunktion psi\_n gewichtet. Am Ende dieser Berechnungen resultiert ein zuströmender Frischgas-Massenstrom mp\_fg\_zu.

Die Fig. 4 zeigt die Frischgas-Massenströme ins Saugrohr bei einem Turbomotor. Im Unterschied zur Fig. 3 kommt hierbei als zusätzliches dynamisches System das Volumen zwischen dem Lader und der Drosselklappe mit der Zustandsgröße Ladedruck pld hinzu. Für dieses Volumen kann ebenfalls über eine Bilanzgleichung eine Differentialgleichung für den Druck im Volumen, hier den Ladedruck, hergeleitet werden. Die Drosselfunktion kann ebenfalls wieder angewendet werden, nun allerdings unter Berücksichtigung der veränderten Situation in Bezug auf den Druck vor der Drosselklappe, für den der Ladedruck anstelle des Umgebungsdruckes anzusetzen ist. Als weiter signifikanter Unterschied fällt auf, daß mit der Konfiguration nach Fig. 4 aus dem errechneten Gasmassenstrom mp\_dk + mp\_lls und dem Signal des Heißfilm-Luftmassensensors mp\_hfm durch entsprechende Differenzbildung 401 und nachgeschaltete Integration über der Zeit 402 und Gewichtung entsprechend der Gasgleichung 403 der Ladedruck pld ermittelt werden kann. Als wesentliches Ergebnis steht allerdings auch bei der in der Fig. 4 dargestellten Konfiguration am Ausgang der zuströmende Frischgas-Massenstrom mp\_fg\_zu als Ausgangssignal zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

Die Fig. 5 zeigt den Abgas-Massenstrom in das Saugrohr. Der Abgasmassenstrom mp\_ag\_zu wird aus dem Signal des Abgas-Rückstromventils ta\_agr über eine Drosselfunktion 501 in einen maximalen Massenstrom über das Abgasventil mp\_ag\_max umgewandelt und anschließend mit den entsprechenden Gewichtungsfaktoren für die Temperatur ftag, den Druck fpag und die normierte Strömungsfunktion psi\_n gewichtet. Für die Bestimmung der Temperatur des zuströmenden Abgases tag\_zu dient ein einfaches Modell, welches den Wärmeübergang an der Wand des Verbindungsrohres zum Saugrohr berücksichtigt. Zunächst wird die Temperatur tag des Abgases mittels dem abströmenden Frischgas-Massenstrom mp\_fg\_ab über die Drosselfunktion 502 ermittelt. Eine anschließende Differenzbildung 507 unter Verwendung der Umgebungstemperatur tu führt zu einem Differenzwert tag-tu. Dieser Differenzwert wird mit dem mit der Funktion 503 bewerteten zuströmenden Abgas-Massenstrom mp\_ag\_zu gewichtet 503 und anschließend von der Temperatur des Ab-

gases tag subtrahiert **504**. Der sich daraufhin einstellende Wert wird abschließend mit einer Funktion **506** bewertet und es resultiert eine Temperatur des zuströmenden Abgases tag\_zu.

Die Fig. 6 zeigt die Berechnung der relativen Gasfüllung r1 aus dem abströmenden Frischgas-Massenstrom mp\_fg\_ab. Der abströmende Frischgas-Massenstrom mp\_fg\_ab wird durch die Motorenendrehzahl nmot dividiert **601** und anschließend mit einem Faktor multipliziert **602**, wobei der Faktor die Luftmasse MLTHZ in einem Zylinder unter Normbedingungen ( $T=273$  Grad Kelvin,  $p = 1013$  mbar) sowie die Anzahl der aktiven Zylinder ZYLZA des Motors berücksichtigt. Aus dieser Berechnung resultiert die relative Füllung r1 eines Zylinders mit einer Frischgasmasse.

#### Abkürzungen

10	B_fe_wdk Schalter, Schaltsignal
	c_agr Anteilsfaktor Frischgas/Abgas
	f(A) freie Querschnittsfläche einer Drosselstelle
	fp Faktor Druckkompensation
15	fpag Gewichtungsfaktor Abgas-Druck
	fpu Gewichtungsfaktor Umgebungsdruck
	fpfd Gewichtungsfaktor Lader-Druck
	ft Faktor Temperaturkompensation
	ftag Gewichtungsfaktor Abgas-Temperatur
20	ftu Gewichtungsfaktor Umgebungstemperatur
	ftld Gewichtungsfaktor Lader-Temperatur
	K Berechnungskonstante
	m (Mol-)Masse des Gases
	m_ag Masse Abgas
25	m_fg Masse Frischgas
	mp Luftmassenstrom über eine Drosselstelle
	mp_ab aus dem Saugrohr abströmender Gasmassenstrom
	mp_ag Abgas-Massenstrom
	mp_ag_ab abströmender Abgas-Massenstrom
30	mp_ag_max maximal-zuströmender Abgas-Massenstrom
	mp_ag_zu zuströmender Abgas-Massenstrom
	mp_agr Gasfluß über ein Abgas-Rückführventil
	mp_dk_max maximaler Fluß über die Drosselklappe
	mp_fg Frischgas-Massenstrom
35	mp_fg_ab abströmender Frischgas-Massenstrom
	mp_fg_zu zuströmender Frischgas-Massenstrom
	mp_hfm Luftmassenstrom, vom Heißfilm-Sensor gemessen
	mp_lls Gasfluß über einen Leerlaufsteller
	mp_lls_max maximaler Gasfluß über einen Leerlaufsteller
40	mp_max maximaler Luftmassenstrom über eine Drosselstelle
	mp_tev Gasfluß über ein Tank-Entlüftungsventil
	mp_tev_max maximaler Gasfluß über ein Tank-Entlüftungsventil
	MLTHZ Luftmasse in einem Zylinder bei Normbedingungen
	n, nmot Drehzahl
45	NWS Nockenwellenverstellung
	p Druck
	p_jagr Korrekturwert der internen Abgasrückführung
	pld Ladedruck
	pn Druck nach der Drosselstelle
50	ps Druck im Saugrohr
	ps_ab Partialdruck-Abgas
	ps_fg Partialdruck-Frischgas
	psi_n normierte Durchflußfunktion ( $0 < \psi_n < 1$ )
	pv Druck vor der Drosselstelle
55	PV_NORM Bezugsgöße
	r1 relative Füllung
	R Gaskonstante
	tld Temperatur Lader
	T Temperatur
60	TS, ts Temperatur Saugrohr
	tv Temperatur vor der Drosselklappe
	TV_NORM Bezugsgöße
	V Volumen
	VH Hub-Volumen
65	VLD Volumen Lader
	VS Volumen Saugrohr
	wdk Drosselklappen-Stellung
	ZYLZA Anzahl der aktiven Zylinder.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, der ein Saugrohr aufweist, wobei sich in dem Saugrohr ein Gasgemisch aus einem Frischgas (fg) und einem Abgas (ag) befindet, wobei aus dem Saugrohr ein Gasmassenstrom (mp\_ab) abströmt und wobei in dem Saugrohr ein Saugrohr-Druck (ps) herrscht, gekennzeichnet durch die Schritte:  
 – Ermitteln eines Partialdrucks des Frischgas-Anteils (ps\_fg) an dem Gasmassenstrom (mp\_ab) durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Frischgas-Massenstrom (mp\_fg), und  
 – Ermitteln eines Partialdrucks des Abgas-Anteils (ps\_ag) an dem Gasmassenstrom (mp\_ab) durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Abgas-Massenstrom (mp\_ag).  
 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Berechnen des Saugrohr-Drucks (ps) aus der Summe des Partialdrucks des Frischgas-Anteils (ps\_fg) und des Partialdrucks des Abgas-Anteils (ps\_ag).  
 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch Ermitteln des Saugrohr-Drucks (ps) unter Verwendung eines Meßwertaufnehmers.  
 15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch Ermitteln des Gasmassenstroms (mp\_ab) aus dem Saugrohr-Druck (ps).  
 15
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch Berechnen eines aus dem Saugrohr abströmenden Frischgas-Anteils (mp\_fg\_ab) an dem Gasmassenstrom (mp\_ab) unter Verwendung des Partialdrucks des Frischgas-Anteils (ps\_fg), des Partialdrucks des Abgas-Anteils (ps\_ag) und des Gasmassenstroms (mp\_ab).  
 20
6. Verfahren nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch Berechnen einer Frischgas-Füllung (r1) des Verbrennungsmotors unter Verwendung des Frischgas-Anteils (mp\_fg\_ab) sowie permanenter (MLTHZ) und transienter (nmot, ZYLZA) Motordaten.  
 20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch Verwendung einer aus der BERNOULLI-Gleichung abgeleiteten Funktion für die Berechnung eines Gasmassenstroms über eine Drossel, wobei der Druck nach der Drossel dem Saugrohr-Druck (ps) entspricht.  
 25
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Berücksichtigen von Gasflüssen über einen Leerlaufsteller (mp\_lls), ein Tank-Entlüftungsventil (mp\_tev) und ein Abgas-Rückführventil (mp\_agr) bei der Bestimmung der Gasfüllung des Verbrennungsmotors.  
 25
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Berücksichtigen eines Ladedrucks (pld) bei der Bestimmung der Gasfüllung eines aufgeladenen Verbrennungsmotors.  
 30
10. Vorrichtung zur Bestimmung einer Gasfüllung eines Verbrennungsmotors, der ein Saugrohr aufweist, wobei die Vorrichtung Meßwartaufnehmer und elektronische Rechenmittel aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Frischgas-Massenstrom (mp\_fg) einen Partialdruck eines Frischgas-Anteils (ps\_fg) im Saugrohr berechnet, durch Aufstellen einer Massenbilanz für einen Abgas-Massenstrom (mp\_ab) einen Partialdruck eines Abgas-Anteils (ps\_ab) im Saugrohr berechnet, und unter Verwendung des Partialdrucks des Frischgas-Anteils (ps\_fg) und des Partialdrucks des Abgas-Anteils (ps\_ab) eine Frischgas-Füllung (r1) des Verbrennungsmotors ermittelt.  
 35
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführt.  
 40
12. Kraftfahrzeug, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11.  
 40
13. Datenträger, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenträger ein Steuerprogramm zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 beinhaltet.  
 40
14. Datenträger, dadurch gekennzeichnet, daß der Datenträger Parameter (MLTHZ) beinhaltet, die zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 erforderlich oder vorteilhaft sind.  
 45

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

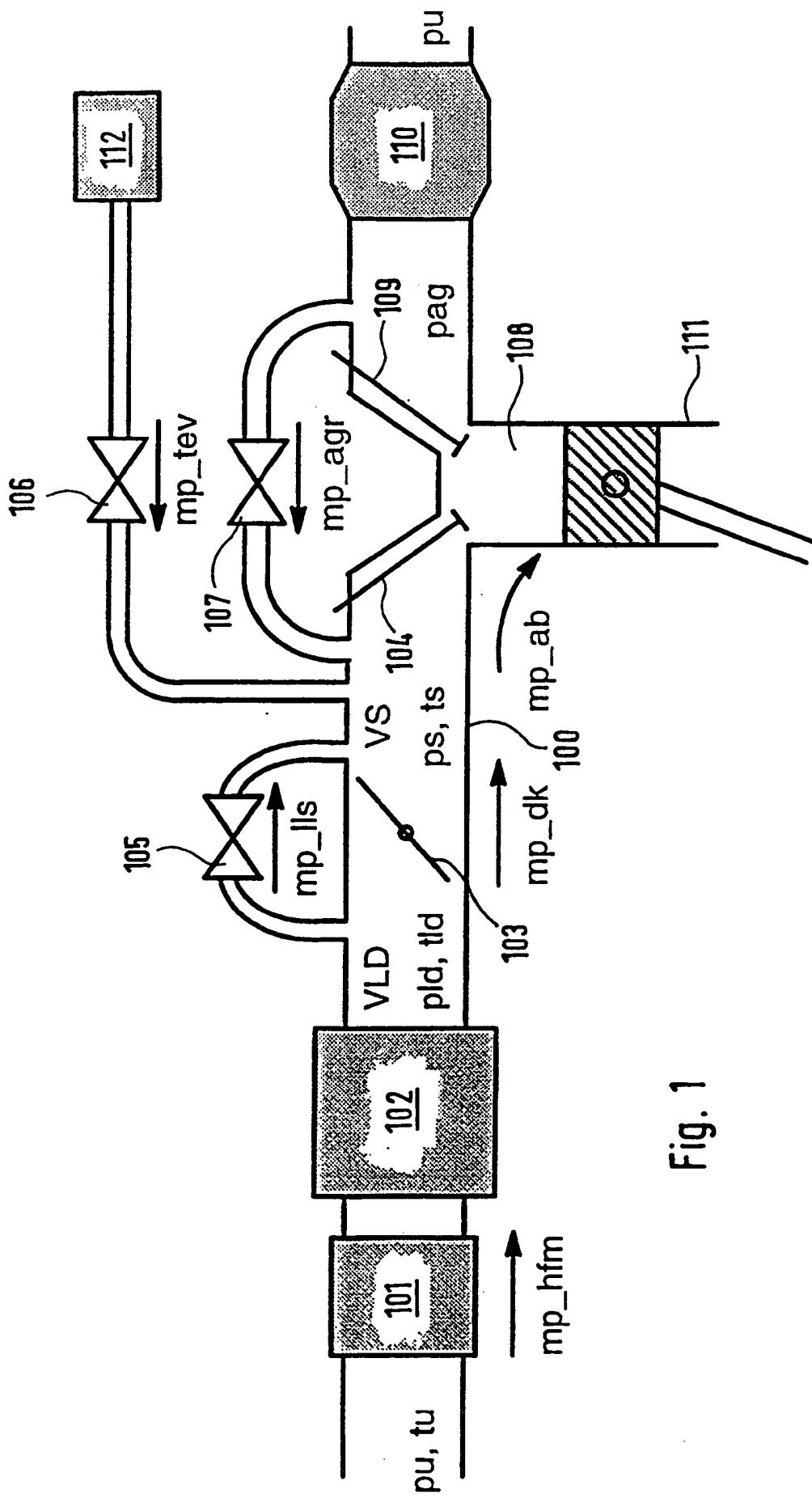
50

55

60

65

**- Leerseite -**



三

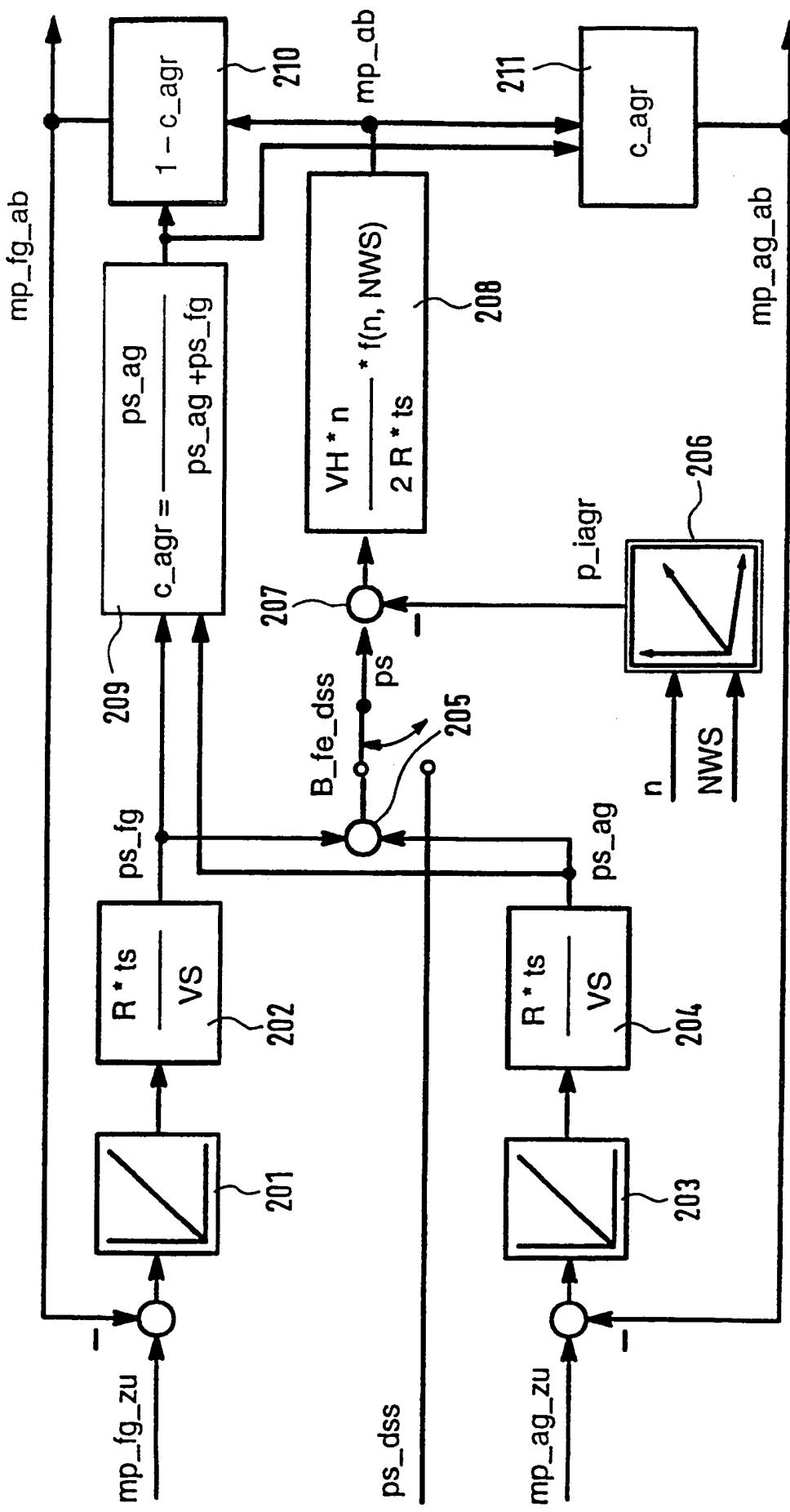
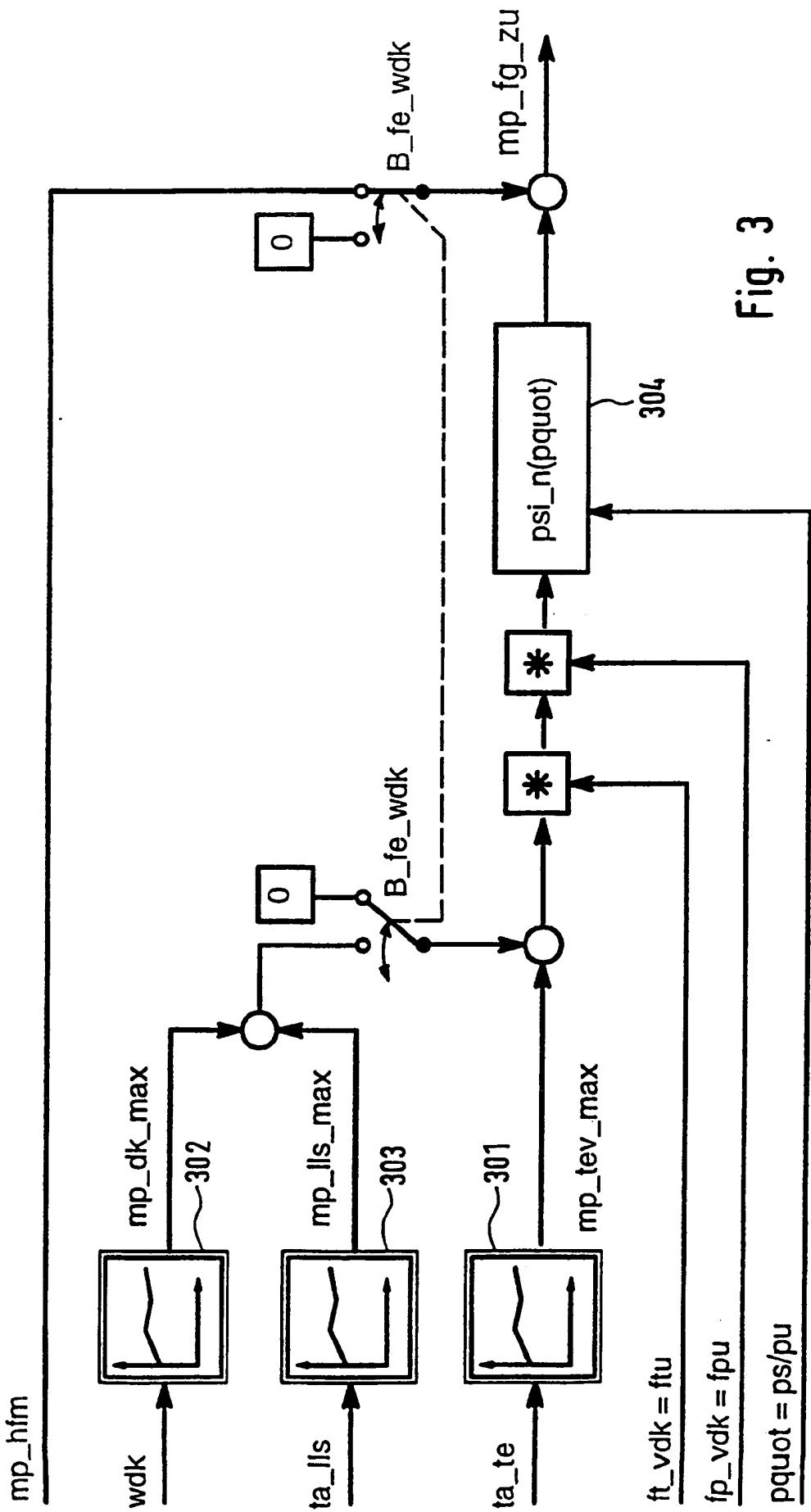


Fig. 2



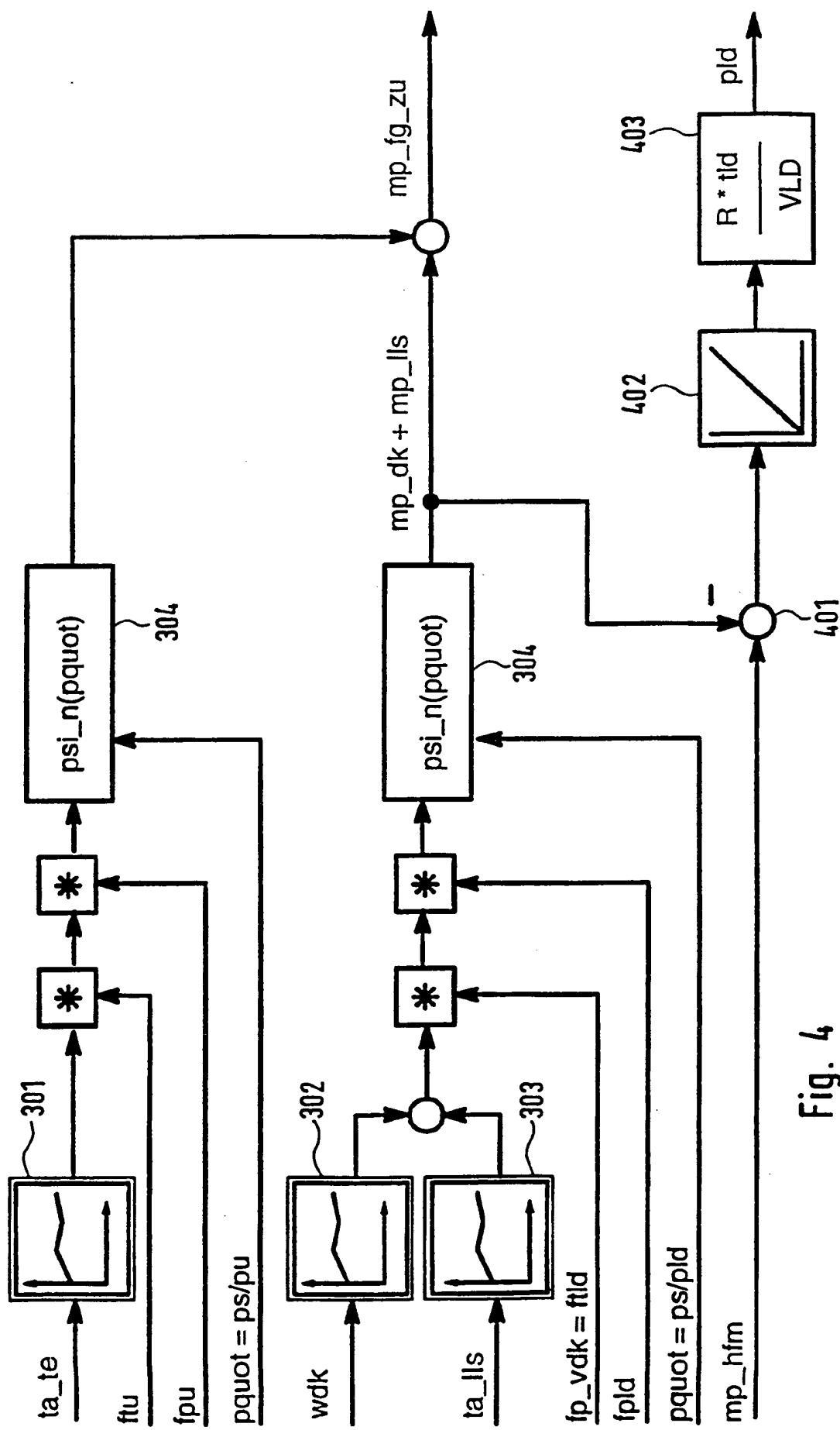
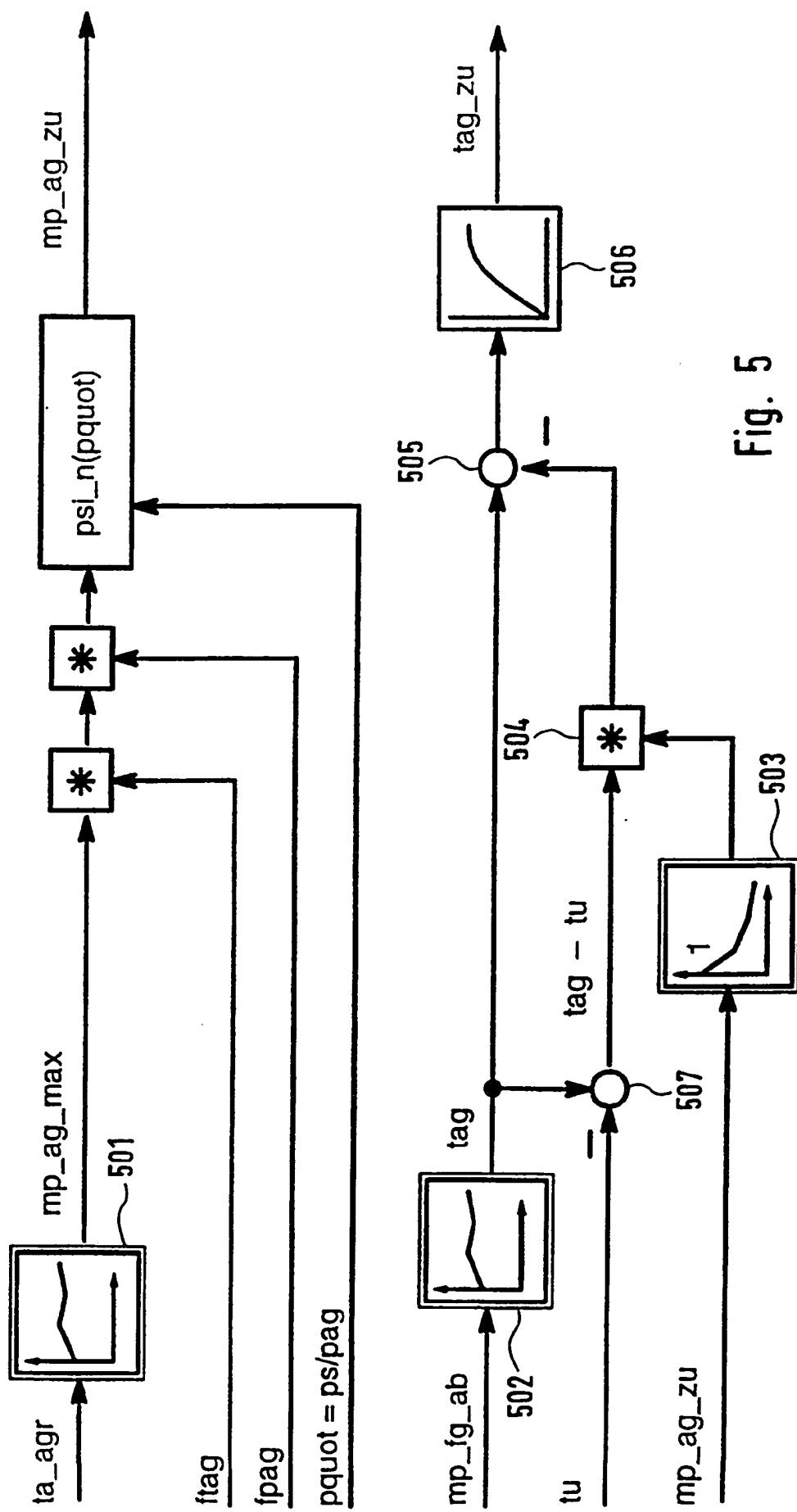


Fig. 4



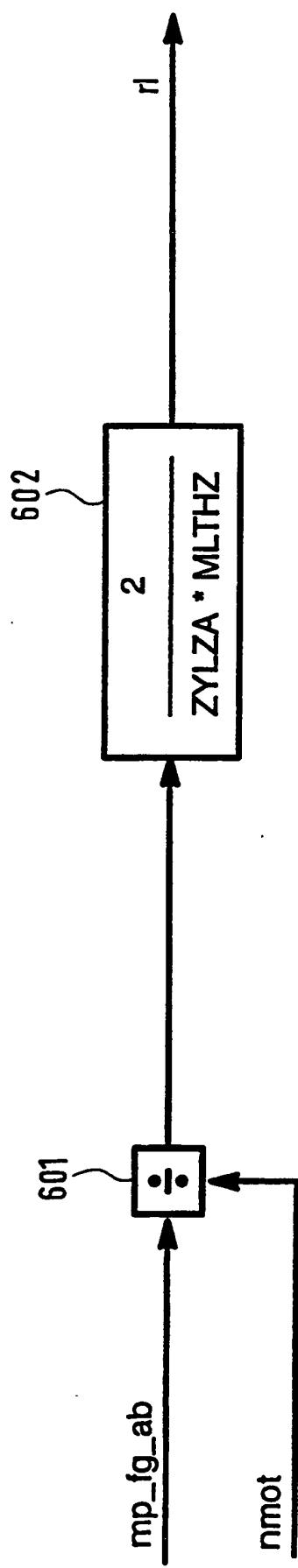


Fig. 6